第 35 卷 第 4 期　　昆 虫 学 报　　Vol. 35, No. 4
1992 年 11 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Nov., 1992

粘虫在不同温度下的生命表及其发育的热量需要*

李秀珍　龚佩瑜　吴坤君
（中国科学院动物研究所，北京　100080）

摘要　用人工饲料在不同温度下饲养的粘虫 *Mythimna separata* (Walker)，组建了种群生命表。未成熟期的存活率在 24℃ 下最高 (90%)，28℃ 次之，32℃ 下最低(27.1%)。在 20—28℃，成虫的繁殖力都比较强，24℃ 时产卵最多，32℃ 时产卵量急剧下降。根据试验结果估测，粘虫卵孵化、幼虫存活和成虫繁殖的最适温度分别为 25.6℃、23.2℃ 和 22.5℃。种群增长指数可用下述方程表示：$Y = -2530.2850 + 282.1893X - 6.2407X^2$ 在最适温度(22.6℃)，繁殖一代，种群数量约增加 660 倍。粘虫的发育起点温度以卵期最低(8.4℃)，蛹期最高(10.1℃)，完成世代发育需要 7.8℃ 以上的有效积温约 925 日度。

关键词　温度　粘虫　生命表　发育起点温度　有效积温

昆虫生长、发育和繁殖需要特定的环境条件，温度是影响昆虫种群动态的基本因素之一。生命表是分析环境因素对昆虫种群数量变动影响的有力工具，近年来已有一些作者应用这一方法，分析温度对不同昆虫种群动态的影响 (Morris 等，1970；Stinner 等，1974；吴坤君等，1978)。

粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 是我国禾谷类作物的主要害虫之一。关于温度对粘虫的影响，国内外已有一些报道 (林昌善等，1958；邬祥光，1965；Ponds，1960；Helm，1975；Smith，1984；苏祥瑶等，1986)；但多偏重于某个或某些发育期的发育速率、存活率与温度的关系。本文以生命表的方式系统地报道温度对粘虫发育存活和繁殖的影响，并估测了不同虫态的发育起点温度和有效积温。

材料与方法

虫源和饲料　供试的粘虫采自北京郊区，在室内用人工饲料(表 1) 饲养。取同一天孵化的幼虫开始试验。

方法　选用 16℃、20℃、24℃、28℃ 和 32℃ 5 种恒温，温差幅度为 ±1℃。RH 在 80—90%。光周期 L15:D9。16℃、24℃ 和 32℃ 分别取同一天孵化的幼虫 100 条，20℃ 和 28℃ 各取 130 条，用烧杯 (25ml) 饲养，每杯 10 条。3 龄起用指形管 (2.5 × 8.0cm) 单条饲养。成虫用桅灯罩 (10 × 10cm) 配对饲养，喂 10% 蜂蜜液。逐龄逐日记录发育、存活情况。老熟幼虫在指形管内入土化蛹。除 16℃ 和 32℃ 因存活率低或羽化不整齐，分别取 20℃ 和 28℃ 羽化的成虫代替外，其余各组均用原处理羽化的成虫配对，统计寿命及

本文于 1989 年 11 月收到。
* 国家自然科学基金资助项目。
承蒙吴国伟同志协助部分工作，丁岩钦教授审阅初稿，谨致谢意。

产卵量。取受精卵测定孵化率。按 (Southwood, 1966; Morris 等, 1970; Varley 等, 1970;吴坤君等,1978)推荐或沿用的方法组建粘虫龄别特征生命表。

表 1　供试的人工饲料配方

成分	玉米叶粉	麦胚粉	酵母粉	琼脂	Vc	山梨酸	尼泊金	亚油酸	水
用量(克)	3	11	3.4	1.8	0.2	0.2	0.4	1(滴)	80(ml)

结果与分析

一、粘虫未成熟期的存活

卵孵化率在24℃下最高，28℃次之，16℃时最低，卵在5种温度下的孵化率呈抛物线趋势(图1)，这些结果与陆安国等(1965)的报道大致相似。在16—28℃，幼虫存活率都在93%以上，32℃时幼虫存活率较低，在试验温度范围内，幼虫存活率的变化格型(图1)与卵孵化率相似，但普遍高于后者。在16—28℃范围内，预蛹和蛹很少死亡，32℃时死亡率显著增加，整个蛹期的存活率不到35%(表4)。如果将图2的存活曲线与Seber 1973)描述的存活曲线相比，粘虫在低于28℃时的存活曲线属于第 III 种类型，即种群(个体死亡主要发生在卵期，在32℃中的存活曲线则兼有I、III类曲线的特征，即在卵期、幼虫后期及蛹期死亡率较高，1—4龄期幼虫死亡很少。在5种恒温下的世代存活率依次为24℃>28℃>20℃>16℃>32℃(表4)，也呈抛物线趋势。

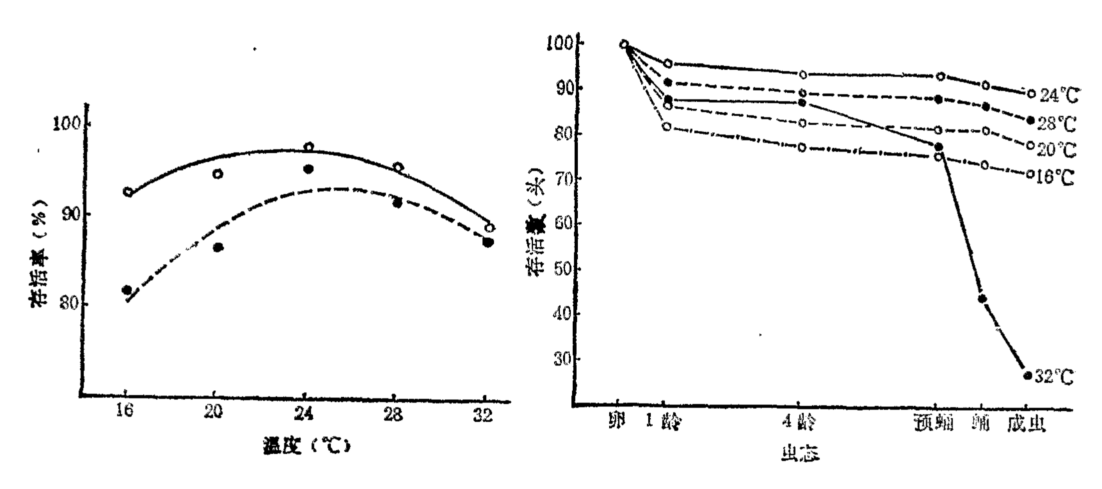


图1　温度对卵孵化率及幼虫存活率的影响
○——○幼虫存活率
●——●卵孵化率

图2　粘虫在不同温度下的存活曲线

根据试验资料计算的粘虫不同发育阶段的存活率与温度的关系式及其存活的理论最适温度列入表2。

二、成虫的繁殖力

成虫在5种温度下的总卵量和产卵量变化趋势基本上是一致的，在20—28℃范围内，

表 2　粘虫存活和繁殖与温度的关系

发育期	关　系　式	最适温度*(℃)	最高理论值*(%)
卵期	$Y = 3.0443 + 7.0565X - 0.1379X^2$	25.6	93.3
幼虫期	$Y = 42.4657 + 4.7446X - 0.1022X^2$	23.2	97.5
未成熟期	$Y = -231.4897 + 28.9791X - 0.6475X^2$	22.5	92.7
成虫产卵量(粒/雌)	$Y = -2537.1630 + 356.1492X - 7.9144X^2$	22.5	1469.5

* 按相应方程式计算的理论值。

成虫产卵量都很大，产卵率均在 98% 以上。低温(16℃)对产卵量影响不大，但高温(32℃)使成虫繁殖力显著降低，平均产卵量只有 24℃ 的 50% 左右(表 3)。成虫繁殖力与温度的关系式见表 2。

表 3　温度对成虫繁殖力的影响*

温度(℃)	16	20	24	28	32
产卵量(粒)	1196.0±124.6[a]	1296.8±115.0[b]	1456.4±76.9[c]	1347.2±138.2[d]	696.0±114.8[e]
剖腹卵(粒)	43.6±16.1	2.2±1.1	8.9±2.3	16.6±5.8	64.7±14.5
合计(粒)	1239.3±113.8	1299.0±114.8	1465.3±76.7	1363.8±135.0	760.8±106.0
产卵率(%)	96.5	99.8	99.4	98.8	91.5

* 测定蛾数为 15 对，数值后有不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

三、不同温度下粘虫种群生命表

表 4 是根据不同温度下粘虫存活和繁殖资料组建的种群生命表。表中假设成虫性比为 1:1。世代存活率估测值由回归方程式(表 2)求出。预计下一代卵量是羽化的雌蛾估测值与其平均产卵量估测值(表 2)的乘积。种群增长指数等于预计下一代卵量除以当代起始卵量所得的商。图 3 表示种群增长指数与温度的关系，可配合下述方程：

$$Y = -2530.2850 + 282.1893X - 6.2407X^2$$

式中：Y 为种群增长指数，X 为环境温度，令：$Y = 1$，则温度 $X_1 = 32.9$℃，$X_2 = 12.3$℃。令：方程导数等于零，则 $X = 22.6$℃，代入该方程，则 $Y = 659.7$。由此可见，温度在 12.3—22.6℃ 时，粘虫种群世代数量变动是上升的趋势，在温度 22.6℃时，种群增长指数最大，繁殖一代后种群数量约增加 660 倍。在 12.3℃ 或 32.9℃时，种群世代数量基本保持稳定。温度高于 32.9℃ 或低于 12.3℃时，种群世代数量变动呈下降的趋势。

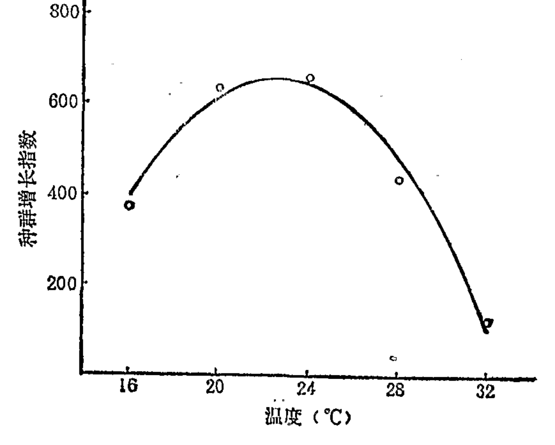


图 3　温度与种群增长指数的关系

表 4 粘虫在不同温度下的种群生命表

温度(℃)		16	20	24	28	32
起始卵数(粒)		100	100	100	100	100
孵化率(%)		81.7	86.0	95.7	91.9	87.5
进入1龄幼虫数(头)		81.7	86.0	95.7	91.9	87.5
1—3龄存活率(%)		95.0	96.2	98.0	97.7	100
进入4龄幼虫数(头)		77.6	82.7	93.8	89.8	87.5
4—6龄存活率(%)		97.9	98.4	100	98.4	89.0
进入预蛹数(头)		76.0	81.4	93.8	88.4	77.9
预蛹存活率(%)		97.8	100	98.0	98.4	57.3
化蛹数(头)		74.3	81.4	91.9	87.0	44.6
蛹期存活率(%)		96.7	96.7	97.9	96.7	60.8
羽化成虫数(头)		71.8	78.7	90.0	84.1	27.1
雌蛾数(性比为1:1)		35.9	39.4	45.0	42.1	13.6
世代存活率(%)	观察值	71.8	78.7	90.0	84.1	27.1
	估测值	66.4	89.1	91.0	72.3	32.8
预计下一代卵粒数		37685	63336	66052	44468	12386
种群增长指数		376.9	633.4	660.5	444.7	123.9

四、粘虫发育的热量需要

粘虫各虫态在不同温度下的发育历期，以及据此计算的发育起点温度和有效积温分别列入表 5 和表 6。从表 6 中可以看出，粘虫不同虫态的发育起点温度在7.4—10.1℃，完成世代循环的有效积温约 925 日度。

表 5 粘虫在不同温度下发育历期(天)

温度(℃)	16	20	24	28	32
卵期	8.9±0.2	6.2±0.1	4.0±0.0	3.2±0.1	3.2±0.1
幼虫期	52.9±0.8	32.9±0.4	21.6±0.4	18.5±0.2	19.3±0.5
蛹期	33.7±0.2	17.3±0.2	11.5±0.1	9.1±0.1	8.8±0.2
成虫期	21.3±1.8	20.1±1.5	15.8±1.0	14.6±1.0	9.4±0.7
整个生活史	116.8±0.7	76.5±0.6	52.8±0.4	45.4±0.3	40.6±0.4

表 6 粘虫不同虫态的发育起点温度和有效积温

发育期	卵期	幼虫期	蛹期	成虫期	整个生活史
发育起点(℃)(M±SE)	8.4±1.4	8.9±0.6	10.1±1.3	7.4±2.3	7.8±0.9
有效积温K(日度)	68.0	347.1	170.2	247.0	925.0

讨　　论

目前广泛使用的昆虫生命表方法是根据不同发育期的平均存活率、发育速率和雌性成虫的平均繁殖速率计算龄别特征存活率和繁殖力（Cave & Gutierrez, 1983; Vargas et al, 1984; Carey & Vargas, 1985; 吴坤君等,1978），一般都以种群增长指数作为衡量种群数量变动的综合指标，这种方法简便、明瞭、直观。Chi 等(1985)认为，组建昆虫生命表应该考虑不同个体之间发育速率的差异和雄性成虫的作用，并以马铃薯麦蛾 *Phthorimaea operculella* 为例组建了包括这两个成分的种群生命表（Chi, 1988)。他们提出的方法比常用的方法复杂得多。为便于与其它作者的研究结果进行比较，我们采用多数作者沿用的生命表方法分析温度对粘虫种群动态的影响。

从试验结果来看，粘虫种群生长的适宜温度在 20—28℃，表现为各发育期的存活率都很高。成虫平均产卵量均在 1300 粒以上。温度过低或过高都不利于种群的生长，但高温的不利影响显然要严重得多。这种影响主要发生在蛹期和成虫期。在 32℃ 下，整个蛹期(包括预蛹)的存活率只有 35% 左右，成虫平均产卵量约比最适温度下降低 50%，主要原因是在高温下成虫寿命很短，许多卵尚未完全成熟，雌蛾即已死亡。

表 7　几种粘虫发育的热量需要比较

种　　名		卵期	幼虫期	蛹期	成虫期	世代	作者
粘虫 *Cirphis unipuncta***	LT DD	13.1 45.3	7.7 402.1	12.6 121.0	9.0 111.0	9.6 685.2	林昌善等 1958)
粘虫 *Leucania separata***	LT DD	10.2 62.3	7.4 362.5	9.9 150.7	10.0 71.3	8.7 696.0	邬祥光等 (1964)
一点粘虫 *Pseudaletia unipuncta**	LT DD	10.4 60.7	9.1 308.6	9.8 173.1	— —	— —	Guppy (1969)
*Persectania ewingii**	LT DD	6.4 136	3.9 772	9.4 264	— —	— —	Helm (1975)
Mythimna convecta	LT DD	9.5 79	8.7 375	8.5 228	— —	— —	Smith (1984)
粘虫 *Leucania separata***	LT DD	11.2 67.7	7.8 327.0	10.1 167.0	— —	— —	Berger (1984)
粘虫 *Mythimna separata***	LT DD	8.4 68.0	8.9 347.1	10.1 170.2	9.4 247.0	7.8 925.0	本试验

* 根据作者的资料计算。　** 同种异名。
LT 为发育起点温度(℃)。　DD 为完成发育需要的有效积温(日度)。

根据实验资料估测，粘虫实验种群生长的最适温度为 22.6℃，在此温度下繁殖一代后，个体数量约增加 660 倍左右。从表 7 中可以看出，不同种粘虫，即使同种粘虫不同作者测定的发育起点温度与有效积温都有一定的差异；我们用人工饲料在 16—32℃ 饲养幼

虫，测定结果表明，粘虫不同发育期的发育起点温度在 7.8—10.1℃ 时，完成世代发育的有效积温 925 日度。与林昌善等(1958)和邬祥光等(1964)用嫩玉米叶饲养幼虫试验的结果相比，我们计算的成虫期和整个世代的有效积温多。这可能与试验的温度区间、温差的幅度有关，更主要的是同幼虫期的食物不同有关。食物的物理性状和营养成分的含量不同，对昆虫取食、生长发育、繁殖和存活的影响也不同(钦俊德，1980)；嫩玉米叶组织中含水量、纤维素、碳水化合物和氨基酸比人工饲料(表1)多；钦俊德(1964)证明，幼虫对含水量较多的食物取食多生长快。本试验所用的人工饲料，虽经过多次试验，饲养的粘虫其存活率和繁殖力不低，在 20—28℃，幼虫期的化蛹率为 81—92%，但必定是引导粘虫改变的食性，同林昌善(1958)、邬祥光(1964)试验温度相接近的结果进行比较，各虫期的发育历期大都比他们提供的历期长，因而完成整个世代的发育所需要的热量就多。此外，我们同他们推算成虫期的方法也不相同，他们所指的成虫期是由成虫羽化到产卵高峰日的时间，世代历期则相应地指由卵产出到成虫产卵高峰所经历的时间。 由于粘虫在 16—32℃ 范围内都能产卵，在 32℃ 下，许多雌蛾的卵还未完全成熟即已死亡，产卵高峰很难判断，所以本试验以成虫的平均寿命作为成虫的历期，显然，按现在的方法计算的成虫期和整个世代的有效积温理应更多。

综上所述，温度在 20—28℃，比较适宜粘虫生长发育和繁殖。但气候发生异常变化时，也不可忽视，利用粘虫各发育期的发育起点温度与有效积温常数，依照不同温度下粘虫种群世代数量变动生命表，可以预测气温变化时粘虫发生情况及对作物的为害程度。

参 考 文 献

邬祥光 黄心华 朱金亮 包金才 1964 南方粘虫之研究。昆虫学报 13(5)：649—58。

陈安国、冯维熊、陈志辉、钟香臣 1965 高温对粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 发育与生殖的作用。昆虫学报 **14**(3)：225—37。

吴坤君 陈玉平 李明辉 1978 不同温度下的棉铃虫实验种群生命表。昆虫学报**21**(4)：385—92。

苏祥瑶、林昌善 1986 粘虫种群动态模拟的研究。生态学报 **6**(1)65—73。

林昌善、郑炳良 1958 有效温度法则在我国粘虫发生地理学上的检验。昆虫学报8(**1**)：41—56。

钦俊德 1964 粘虫营养的研究——食物中和环境中水分对于幼虫生长的影响。昆虫学报**13**(5)：659—70。

钦俊德 1980 植食性昆虫食性的生理基础。昆虫学报 **23**(1)：106—21。

Berger, L. P. 1984 Study on the role of the temperature and photoperiod in the development of the noctuid moth *Leucania separata* walk. (Lepidoptera, Noctuidae) *Ent. Obozr.* **63**(3): 425—32.

Carey, J. R. & R. I. Vargas 1985 Demographic analysis of insect mass rearing: a case study of three tephritids *J. Econ. Ent.* **78**: 523—27.

Cave, R. D. & A. P. Gutierrez, 1983 *Lygus hesperus* field life table studies in cotton and alfalfa (Heteroptera: Miridae). *Can. Ent.* **115**: 649—54.

Chi, H. & H. Liu. 1985 Two new methods for the study of insect population ecology. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.* **24**(2): 225—40.

Chi, H. 1988 Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ. Ent.* **17**(1): 26—34.

Guppy, J. C. 1969 Some effects of temperature on the immature stages of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae), under controlled conditions. *Can. Ent.* **101**: 1320—7.

Helm, K. F. 1975 Migration of armyworm *Persectania ewingii* moths in spring and origin of outbreaks. *J. Aust. Ent. Soc.* **14**: 229—36.

Morris, R. F. & N. C. Fulton 1970 Models for the development and survival of *Hyphantria cunea* in relation to temperature and humidity. *Mem. Ent. Soc. Can.* No. 70.

Ponds, D. D. 1960 Life history studies of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Lep: Noctuidae) in New Bruns-

wick. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 53(5): 611—65.

Seber, G. A. F. 1973 The estimation of animal abundances and related parameters. pp. 393—430, London, Griffin.

Smith, A. M. 1984 Larval instar determination and temperature-development studies of immature stages of the common armyworm, *Mythimna convecta* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Aust. Ent. Soc.* 23: 91—7.

Southwood, T. R. E. 1966 Ecological Method. Methuen, London.

Stinner, R. L., Rabb, R. L. & J. R. Bradley 1974 Population Dynamics of *Heliothis zea* (Boddie) and *H. virescens* (F.) in North Carolina: A simulation model. *Environ. Ent.* 3(1): 163—8.

Varley, G. C. & G. R. Gradwell 1970 Recent advance in insect Population dynamics. *Ann. Rev. Ent.* 15: 1—24.

Vargas, R. I., D. Miyashita & T. Nishida. 1984 Life history and demographic parameters of three laboratory-reared tephritids (Diptera: Tephritidae). *Ann. Ent. Soc. Am.* 77: 651—6.

LIFE TABLES OF THE ARMYWORM, *MYTHIMNA SEPARATA* (WALKER), AT DIFFERENT TEMPERATURES AND ITS THERMAL REQUIREMENT FOR DEVELOPMENT

LI XIU-ZHEN GONG PEI-YU WU KUN-JUN

(*Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing* 100080)

Population life tables of the armyworm, *Mythimna separata* (Walker), reared with an artificial diet at temperatures ranging from 16° to 32°C were constructed. The highest rate of survival in the immature stage was found to be 90% which occurred at 24°C; the second highest occurred at 28°C, and the lowest, i.e. 27.1%, occurred at 32°C. Greater fecundities of the female moths were recorded at temperatures lower than 28°C, with the peak at 24°C, and it sharply declined at 32°C. On the basis of experimental data, it is estimated that the optimal temperatures for egg-hatching, larval and pupal survival were 25.6°C, 23.2°C and 22.5°C, respectively. Indices of population trend (Y) of this species within the range of temperatures (X) studied can be expressed as follows:

$$Y = -2530.285 + 282.1893X - 6.2407X^2$$

It is calculated with this equation that the favourable temperature for the population growth is 22.6°C, at which the number of the armyworm will increase about 660 times after one generation cycle.

It is estimated that lower thermal thresholds for development of eggs, larvae and pupae were 8.4°C, 8.9°C and 10.1°C respectively, and the whole generation requires 925 day-degrees to complete its development.

Key words *Mythimna separata* (Walker)——life table——lower thermal threshold——accumulated day-degree